

Implementación De *Baccharis Latifolia* Como Alternativa Forrajera En La Alimentación De
Bovinos En La Finca “El Uvito” En Concepción, Santander

María Alejandra Pereira Arias

Trabajo de Grado para Optar al Título de Zootecnista

Director

Julián Mauricio Botero Londoño

Doctorado en Ciencias Agrarias

Codirector

Daniel Cáceres Orozco

Zootecnista UIS

Universidad Industrial de Santander

Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia IPRED

Programa de Zootecnia

Bucaramanga

2026

Dedicatoria

Con todo mi cariño, dedico este trabajo a mi madre, quien ha sido mi guía, mi fortaleza y mi ejemplo constante de dedicación, sacrificio y amor incondicional. Gracias por enseñarme a nunca rendirme, por creer en mí en cada momento, y por brindarme siempre palabras de aliento y consuelo cuando más lo necesitaba. A mi padre, por su apoyo constante, sus consejos y por inculcarme el valor del esfuerzo y la responsabilidad; a mi hermano, por su compañía, comprensión y por compartir alegrías y desafíos en esta etapa de crecimiento personal y académico. A mi novio, por su paciencia, comprensión y amor, que me acompañó en los momentos de mayor dedicación y esfuerzo. Y finalmente, a mis amigos más cercanos, por regalarme momentos inolvidables, risas, compañerismo y por estar presentes en los días de estudio, cansancio y celebración.

Este trabajo es un homenaje sincero a cada uno de ustedes; sin su apoyo, amor y cercanía, la culminación de esta etapa universitaria no habría sido posible. Cada logro que aquí se plasma lleva consigo la huella de su influencia y acompañamiento, y este espacio es para agradecerles por hacer de mi camino académico una experiencia llena de significado, aprendizaje y recuerdos inolvidables.

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer al Dr. Julián Mauricio Botero Londoño, director de este proyecto, por su acompañamiento constante, apoyo económico, generosidad al compartir sus conocimientos sobre el tema y por los momentos de risas y aprendizaje durante toda la elaboración de la tesis. Su guía fue fundamental para alcanzar los objetivos planteados y para enriquecer mi formación profesional.

A Cristian Camilo Otero Ayala, por brindarme acceso al terreno con *Baccharis latifolia* y por aportar valiosos conocimientos sobre la especie y su manejo, facilitando la realización de los experimentos. A Jesús Nier, por su colaboración en el trabajo de campo, apoyo práctico y disposición para resolver cualquier inconveniente durante las recolecciones y mediciones.

Al Laboratorio de Reconversión Ganadera y Agroforestal, por su asistencia en los análisis, y al Laboratorio Químico de Suelos de la UIS, por la amabilidad de prestar sus instalaciones y permitir la realización de los análisis de biomasa y nutrientes. Su cooperación técnica fue decisiva para obtener resultados confiables y completos.

Asimismo, agradezco a la Universidad Industrial de Santander por la financiación de esta investigación mediante el proyecto titulado “*Producción de forrajes, nanofertilizantes y sistemas agrofotovoltaicos en la elaboración de alimentos balanceados para bovinos de leche en la provincia de García Rovira*”, apoyo que permitió el desarrollo de las actividades experimentales y analíticas contempladas en este trabajo.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	12
1. Objetivos	14
1.1 Objetivo General	14
1.2 Objetivos Específicos.....	14
2 Marco Teórico.....	15
2.1 Rumiantes en Sistemas de Producción Tropicales.....	15
2.1.1 Características fisiológicas de los rumiantes.	15
2.1.2 Estrategias alimenticias en zonas tropicales.	15
2.2 Alternativas Alimentarias	15
2.2.1 Importancia del forraje en la alimentación animal.	15
2.2.2 Especies vegetales con potencial forrajero.	15
2.3 Baccharis Latifolia: Forraje	16
2.3.1 Distribución y características botánicas.....	16
2.3.2 Composición nutricional de Baccharis latifolia.....	16
2.3.3 Palatabilidad y aceptación.....	16
2.3.4 Efectos en la salud y productividad.	16
2.4 Uso de Baccharis latifolia.	17
2.4.1 Evaluaciones experimentales en Colombia y Latinoamérica.	17
2.4.2 Comparación con otras especies forrajeras.....	17
2.4.3 Contribución a la sostenibilidad ambiental.....	17
3 Metodología	18

3.1	Área de Estudio.....	18
3.2	Análisis de suelo	19
3.3	Establecimiento del cultivo.....	20
3.4	Tratamientos y diseño experimental del cultivo	21
3.5	Recolección de datos del cultivo.....	22
3.6	Determinación de materia seca	23
3.7	Análisis de datos	23
4	Resultados y discusión.....	24
5	Conclusiones	44
6	Recomendaciones	44
	Referencias Bibliográficas	46

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Biomasa Baccharis Latifolia</i>	27
Tabla 2. <i>Análisis de Varianza (ANOVA)</i>	29
Tabla 3. <i>Resultados Bromatológico</i>	32
Tabla 4. <i>Proteína Bruta Baccharis Latifolia</i>	35
Tabla 5. <i>Resultados Foliares</i>	36
Tabla 6. <i>Control 40 días</i>	40
Tabla 7. <i>15gr de Fertilizante, Corte 40 días</i>	40
Tabla 8. <i>30gr de Fertilizante, Corte 40 días</i>	40
Tabla 9. <i>Control 80 días</i>	40
Tabla 10. <i>15gr de Fertilizante, Corte 80 días</i>	41
Tabla 11. <i>30gr de Fertilizante, Corte 80 días</i>	41

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. <i>Reserva La Llanada</i>	18
Figura 2. <i>Ubicación Finca El Uvito</i>	19
Figura 3. <i>Corte Uniforme</i>	21
Figura 4. <i>Boxplot analítico</i>	25
Figura 5. <i>Corte y Secado al Aire Libre (40d)</i>	26
Figura 6. <i>Corte y Secado al Aire Libre (80d)</i>	26
Figura 7. <i>Efecto de la interacción</i>	30
Figura 8. <i>Comparación de las concentraciones foliares</i>	33
Figura 9. <i>Foliar de Minerales Macronutrientes</i>	37
Figura 10. <i>Baccharis Latifolia en una vista más cercana</i>	42
Figura 11. <i>Baccharis Latifolia a 40 días</i>	43
Figura 12. <i>Baccharis Latifolia a 80 días</i>	43

Glosario

Arbusto forrajero: especie leñosa de porte bajo utilizada como fuente de alimento para ganado, que combina producción de biomasa y concentración de nutrientes (Cabrera et al., 2019).

Biomasa: cantidad de materia vegetal producida por una planta o conjunto de plantas en un área determinada, medida en peso fresco o seco; se relaciona con la eficiencia en el uso de nutrientes y fertilización (Cabrera et al., 2019).

Contenido mineral foliar: cantidad de macro y micronutrientes presentes en los tejidos de la planta, determinante del valor nutricional del forraje (Correa et al., 2022).

Conversión alimenticia: relación entre el alimento ingerido y la biomasa producida en animales o en plantas forrajeras, indicador de eficiencia productiva (Enrique, 2016).

Dilución de nutrientes: disminución de la concentración de minerales o proteínas en la planta debido al aumento de biomasa, especialmente a edades avanzadas de corte (Ramos et al., 2021).

Edad de corte: tiempo transcurrido desde la siembra hasta la cosecha de una planta, factor clave que afecta la producción de biomasa y concentración de nutrientes (Raymundo et al., s. f.).

Eficiencia de uso de nutrientes: capacidad de la planta para convertir los nutrientes absorbidos en biomasa o componentes metabólicamente activos, determinando la relación entre concentración y rendimiento (Naranjo, s. f.).

Fertilización: aplicación de nutrientes al suelo o planta para optimizar su crecimiento y rendimiento; la dosis y tipo influyen directamente en la acumulación de biomasa y minerales (Cuartas et al., 2019).

Forraje: material vegetal consumido por animales rumiantes, que incluye hojas, tallos y partes de arbustos y árboles; su calidad nutricional se mide por contenido de proteína y minerales (Cabrera et al., 2019).

Macronutrientes: elementos minerales requeridos en mayores cantidades, como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), fundamentales para el crecimiento y desarrollo de la planta (Eduardo, 2021).

Micronutrientes: elementos minerales requeridos en pequeñas cantidades por las plantas, como hierro (Fe), manganeso (Mn) y zinc (Zn), esenciales para procesos metabólicos y fotosíntesis (Heiden, 2021).

Nutrición vegetal: estudio de la absorción, transporte y utilización de minerales por parte de las plantas, influyendo en su desarrollo y en la calidad del forraje (Heiden, 2021).

Proteína bruta: contenido total de proteína estimado a partir del nitrógeno presente en los tejidos vegetales mediante la fórmula $N \times 6.25$, importante para evaluar la calidad nutricional de forrajes (Naranjo, s. f.).

Sistema silvopastoril: modelo productivo que integra árboles, arbustos y pastos para optimizar la producción de forraje, mejorar la sostenibilidad y reducir la huella de carbono (González et al., 2024).

Sobre-fertilización: aplicación de nutrientes por encima de los niveles óptimos, que puede generar estrés fisiológico y disminuir la eficiencia en el crecimiento de la planta (Raymundo et al., s. f.).

Resumen

Título: Implementación De *Baccharis Latifolia* Como Alternativa Forrajera En La Alimentación De Bovinos En La Finca “El Uvito” En Concepción, Santander. *

Autor: Maria Alejandra Pereira Arias. **

Palabras Clave: *Baccharis latifolia*, biomasa, proteína, minerales, fertilización, alimentación bovina, forraje.

Descripción:

En este estudio se evaluó la planta *Baccharis latifolia* como opción forrajera para la dieta de bovinos en la finca "El Uvito", ubicada en Concepción, Santander, se realizaron cortes y recolecciones de biomasa a los 40 y 80 días, bajo tres variantes de fertilización (0 g, 15 g y 30 g). El propósito fue determinar el efecto de la edad de corte y la fertilización sobre la producción de materia fresca, materia seca y retención de nutrientes. Los hallazgos indicaron que una fertilización media facilitó la mayor producción de biomasa, por el contrario, mayores concentraciones del fertilizante mostraron disminuciones en el rendimiento, posiblemente debido a un estrés fisiológico o desajustes nutricionales. En cuanto a la proteína bruta, se encontraron valores altos que oscilaron entre 23.44% y 26.13%, sin que los niveles más altos necesariamente coincidieran con una mayor biomasa. El análisis de minerales en las hojas ayudó a entender la dinámica de absorción y acumulación de macronutrientes y micronutrientes. Se observó que elementos como el fósforo y los micronutrientes disminuyen a medida que avanza la edad de corte, debido a efectos de dilución, y que la relación entre la edad de corte y la fertilización es relevante, lo que sugiere que la planificación de la cosecha y la aplicación de fertilizantes deben ser consideradas en conjunto para mejorar la producción y calidad nutritiva del forraje. Finalmente, *Baccharis latifolia* demostró ser una especie forrajera adecuada, con buena concentración de proteínas y minerales, constituyendo una opción alternativa para la alimentación bovina que apoya la sostenibilidad del sistema productivo.

* Trabajo de Grado

** Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia IPRED. Programa de Zootecnia. Director: Julián Mauricio Botero Londoño. Doctorado en Ciencias Agrarias. Codirector: Daniel Cáceres Orozco. Zootecnista UIS.

Abstract

Title: Implementation of *Baccharis latifolia* as a Forage Alternative in the Diet of Cattle at “El Uvito” Farm in Concepción, Santander*

Author(s): Maria Alejandra Pereira Arias**

Key Words: *Baccharis latifolia*, biomass, protein, minerals, fertilization, cattle feeding, forage

Description:

This study evaluated *Baccharis latifolia* as a forage option for bovine diets at "El Uvito" farm, located in Concepción, Santander. Biomass harvesting and cutting were conducted at 40 and 80 days under three fertilization treatments (0 g, 15 g, and 30 g). The purpose was to determine the effect of cutting age and fertilization on fresh matter production, dry matter yield, and nutrient retention. The findings indicated that intermediate fertilization facilitated the highest biomass production; conversely, higher fertilizer concentrations led to a decrease in yield, potentially due to physiological stress or nutritional imbalances. Regarding crude protein, high values ranging between 23.44% and 26.13% were found, although the highest levels did not necessarily correlate with greater biomass. Foliar mineral analysis provided insight into the absorption and accumulation dynamics of macronutrients and micronutrients. It was observed that elements such as phosphorus and micronutrients decrease as cutting age progresses due to dilution effects, and that the relationship between cutting age and fertilization is significant, suggesting that harvest planning and fertilizer application must be considered jointly to improve forage production and nutritional quality. Finally, *Baccharis latifolia* proved to be a suitable forage species with a high concentration of proteins and minerals, constituting an alternative option for bovine nutrition that supports the sustainability of the production system.

* Bachelor Thesis

**Institute of Regional Projection and Distance Education (IPRED), Program of Animal Science. Advisor: Julián Mauricio Botero Londoño, Ph.D. in Agricultural Sciences. Co-advisor: Daniel Cáceres Orozco, Zootechnician UIS.

Introducción

La cría de ganado vacuno ha sido una actividad económica esencial en la región de Santander y en muchas partes del mundo, actuando como un elemento crucial para la seguridad alimentaria y el desarrollo en áreas rurales. No obstante, este modelo de producción ha tenido dificultades relacionadas con la alimentación del ganado, principalmente por su fuerte dependencia de forrajes convencionales y concentrados industriales, lo cual ha elevado los costos de producción y disminuido la rentabilidad (Reinaldo, 2019). Además, problemas como el cambio climático y la degradación del suelo han afectado la calidad y disponibilidad de los pastos (Rueda-Gutiérrez, 2023).

Ante esta situación, se planteó el uso de especies autóctonas como el Chilco (*Baccharis latifolia*) como una opción viable y sustentable dentro de los sistemas de producción. Investigaciones realizadas en Colombia evidencian que esta especie tiene un contenido nutricional adecuado para alimentar a los rumiantes, con niveles de proteínas y fibra similares a los de otros forrajes convencionales (Andrea, 2020). Además, su capacidad de adaptarse a diversas condiciones ambientales y su habilidad para prosperar en suelos menos fértiles han sido beneficiosas para su uso como un recurso forrajero estratégico, ayudando así a reducir la dependencia de concentrados industriales y a fortalecer sistemas ganaderos más eficientes (Naranjo y Cuartas, s. f.).

A nivel global, estudios efectuados en Ecuador demostraron que incluir el Chilco en la dieta de ovinos mejoró indicadores productivos como el aumento de peso y la eficiencia alimenticia, lo que sugiere su potencial en la alimentación de rumiantes (Andrea, 2020). De igual manera, investigaciones en América Latina destacaron la implementación de especies forrajeras nativas como una estrategia para reducir costos en la producción y aumentar la sostenibilidad en

los sistemas ganaderos (Cabrera-Núñez et al., 2019). En el ámbito europeo, el interés por prácticas de producción sostenibles ha llevado a revisar arbustos forrajeros como opciones alimenticias, subrayando la conexión entre la calidad del forraje y la efectividad del sistema (Cantalapiedra-Hijar et al., 2018).

A pesar del potencial observado, no se habían realizado estudios en el departamento de Santander, la carencia de información técnica sobre su producción de biomasa, calidad nutricional y rendimiento bajo distintas condiciones de manejo limitó su integración en los sistemas productivos de la zona (Sahagún, 1978). Así, surgió la necesidad de generar conocimiento científico que pudiera validar su uso y fomentar su integración en sistemas ganaderos de la región (Camila, 2023).

En este contexto, el estudio del Chilco se enfocó en analizar su rendimiento en términos de producción de biomasa, calidad nutricional y absorción de nutrientes bajo diversos niveles de fertilización y edades de corte, con el propósito de determinar su potencial como forraje alternativo. Este enfoque facilitó abordar el problema desde una perspectiva agronómica y nutricional, generando información aplicable a sistemas productivos.

El avance de la investigación facilitó el enriquecimiento del conocimiento acerca del empleo de especies forrajeras no tradicionales, contribuyendo a la adopción de sistemas ganaderos que sean más sostenibles, eficaces y que se ajusten a las características locales. Así, los resultados logrados ofrecieron un beneficio tanto en aspectos técnicos como productivos, favoreciendo a los productores, especialistas y al ámbito agropecuario en su conjunto a través de la creación de opciones que permiten disminuir costos y maximizar el uso de los recursos vegetales autóctonos.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Evaluar la producción de biomasa, la calidad nutricional y la absorción de nutrientes del Chilco (*Baccharis latifolia*) bajo diferentes niveles de fertilización y edades de corte, como alternativa forrajera para bovinos de engorde en sistemas agroforestales en la finca “El Uvito” en Concepción, Santander.

1.2 Objetivos Específicos

Evaluar la producción de biomasa del *Baccharis Latifolia* bajo diferentes niveles de fertilización en combinación con dos edades de corte, con el fin de determinar su rendimiento y capacidad de regeneración en condiciones agroforestales de Concepción, Santander.

Caracterizar la calidad nutricional del *Baccharis Latifolia*, analizando su composición química, para verificar su viabilidad como forraje para bovinos de engorde.

Analizar la absorción y acumulación de nutrientes en el *Baccharis Latifolia* en función de diferentes edades de corte y niveles de fertilización.

2 Marco Teórico

2.1 Rumiantes en Sistemas de Producción Tropicales

2.1.1 Características fisiológicas de los rumiantes.

Los rumiantes cuentan con un sistema digestivo diseñado para la fermentación de microorganismos, lo que les facilita el uso de fuentes de forraje fibroso. Su sistema digestivo consta de cuatro partes: el rumen, el retículo, el omaso y el abomaso. El rumen funciona como un entorno de fermentación en el que microorganismos degradan la fibra de la planta, liberando ácidos grasos volátiles como fuente de energía (Van Soest, 1994).

2.1.2 Estrategias alimenticias en zonas tropicales.

En zonas tropicales, la presencia de forraje fluctúa estacionalmente, lo que exige a los productores explorar opciones nutricionales para asegurar la productividad del ganado. La suplementación con recursos forrajeros autóctonos, la preservación de forrajes a través de la henificación o el ensilaje, y el uso de bancos de proteína son tácticas empleadas para atenuar la falta de alimento en periodos de crisis (Preston & Leng, 1987).

2.2 Alternativas Alimentarias

2.2.1 Importancia del forraje en la alimentación animal.

El forraje es el fundamento de la alimentación de los rumiantes y su valor nutricional tiene un impacto directo en la generación de carne y leche. La digestibilidad del forraje, su aporte de fibra neutra detergente (FND) y ácido detergente (FAD), junto con su nivel de proteína bruta, definen su valor nutricional y su influencia en el desempeño de los animales (Mertens, 1997).

2.2.2 Especies vegetales con potencial forrajero.

Varias especies autóctonas han sido valoradas como alternativas de forraje debido a su capacidad para resistir condiciones climáticas severas y su apropiado aporte nutricional. Se han

estudiado plantas como *Leucaena* (*Leucaena leucocephala*), Morera (*Morus alba*) y Chilco (*Baccharis latifolia*) debido a su elevado contenido proteico y su habilidad para incrementar la productividad en rumiantes (García et al., 2010).

2.3 Baccharis Latifolia: Forraje

2.3.1 Distribución y características botánicas.

Baccharis latifolia, también llamada chilca o chilco, es una especie de arbusto muy común en los Andes de Colombia. Se ajusta a circunstancias de altitud, terrenos de escasa calidad y climas fríos. Su habilidad para regenerarse y su resistencia a la sequía la convierten en una alternativa factible para la suplementación forrajera (Rivadeneyra, 2015).

2.3.2 Composición nutricional de *Baccharis latifolia*.

Investigaciones han evidenciado que *Baccharis latifolia* exhibe un porcentaje de proteína bruta que supera el 12%, así como niveles apropiados de fibra y minerales vitales como el calcio, el fósforo y el magnesio. Adicionalmente, posee metabolitos secundarios tales como flavonoides y taninos, cuyo impacto en la fermentación ruminal requiere ser examinado para prevenir efectos antinutritivos (Pacheco et al., 2018).

2.3.3 Palatabilidad y aceptación.

Estudios han valorado la tolerancia de *Baccharis latifolia* en bovinos y ovinos, señalando una positiva reacción en términos de consumo voluntario y digestibilidad. Elementos tales como el desarrollo de la planta, su gestión agronómica y la existencia de compuestos secundarios pueden afectar la palatabilidad (Cabrera et al., 2020).

2.3.4 Efectos en la salud y productividad.

La aplicación de *Baccharis latifolia* en la dieta ha demostrado efectos beneficiosos en el metabolismo ruminal y en el incremento de peso en bovinos. No obstante, su presencia de

metabolitos secundarios, como los taninos, puede disminuir la digestibilidad de ciertos nutrientes, razón por la cual su incorporación en la alimentación debe efectuarse con cautela y en combinación con otros forrajes (Martínez et al., 2019).

2.4 Uso de *Baccharis latifolia*.

2.4.1 *Evaluaciones experimentales en Colombia y Latinoamérica.*

Estudios en Colombia han enfatizado la capacidad del chilco como añadido a las dietas de rumiantes en sistemas de producción de trópico alto. Las investigaciones han evidenciado avances en la transformación alimentaria y disminución de parásitos gastrointestinales en bovinos y ovinos que se alimentan con esta especie (González et al., 2021).

2.4.2 *Comparación con otras especies forrajeras.*

Respecto a otras especies de forraje, *Baccharis latifolia* tiene un contenido inferior de lignina y una disponibilidad superior de compuestos bioactivos que favorecen la fermentación ruminal. Su incorporación en dietas equilibradas puede incrementar la eficacia en la alimentación y disminuir la necesidad de concentrados comerciales (Torres et al., 2022).

2.4.3 *Contribución a la sostenibilidad ambiental.*

La aplicación de *Baccharis latifolia* en pastoreo y suplementación reduce la tensión sobre los ecosistemas vulnerables y favorece la preservación de la biodiversidad local. Su producción puede incorporarse a sistemas agroforestales, fomentando la estabilidad del terreno y la rehabilitación de zonas desfavorecidas (López et al., 2020).

3 Metodología

3.1 Área de Estudio

La investigación se llevó a cabo en la finca “La Llanada” la cual está ubicada en vereda Junín del municipio de Concepción a una altura 2.280 m.s.n.m, con coordenadas 6°43'38.22"N 72°40'18.28"W. La parte manual del estudio, como secado, pesaje, clasificación, etc, de las muestras se realizó en la finca “El Uvito”, con coordenadas 6°43'49.35"N 72°41'07.23"W a una altura de 2.123 m.s.n.m.

Figura 1.

Reserva La Llanada



Nota. Adaptado de la herramienta google earth

Figura 2.

Ubicación Finca El Uvito



Nota. Adaptado de la herramienta google earth

3.2 Análisis de suelo

Se tomaron muestras de suelo de forma aleatoria en el lote de estudio, las cuales fueron enviadas al laboratorio para su respectivo análisis fisicoquímico. Se determinaron variables como azufre (S), boro (B), calcio (Ca), cobre (Cu), fósforo (P), hierro (Fe), magnesio (Mg), manganeso (Mn), materia orgánica (M.O), potasio (K), sodio (Na), nitrógeno (N) y zinc (Zn) (Laboratorio de Reconversión Ganadera y Agroforestal, 2025).

3.3 Establecimiento del cultivo

El área del lote de experimentación fue de 2.789,82 m², y se destacó por tener una población estable de Chilco que se formó a través de la regeneración natural. Debido a la variabilidad en las edades de las plantas, se logró la uniformidad del material vegetal al comenzar el experimento por medio de un manejo agronómico consistente. Para ello, se cortaron todas las plantas a una altura uniforme de 40 cm desde el suelo, lo que permitió que el nuevo crecimiento y el desarrollo de la biomasa evaluada comenzaran desde un mismo estado fisiológico y un punto de partida uniforme para todos los tratamientos. Después de este corte, se aplicaron fertilizantes (30-8-3, Nitrosoil) según las cantidades específicas para cada tratamiento. Además, el diseño del experimento se llevó a cabo en condiciones ambientales y biofísicas consistentes en toda el área. El lote experimental se situó en una región con topografía pendiente regular, garantizando características del suelo, drenaje y disponibilidad de agua constantes en las parcelas. Factores climáticos como temperatura, humedad relativa y exposición a la luz solar directa afectaron de manera uniforme toda la superficie analizada. Al mantener el mismo manejo agronómico, control de malezas y condiciones ambientales en todas las unidades experimentales, se logró minimizar la variabilidad externa, argumentando que las diferencias observadas en la biomasa y la calidad nutricional al final del estudio se debieron exclusivamente a los efectos de los tratamientos evaluados y no a variaciones iniciales en el entorno.

Figura 3.*Corte Uniforme*

Nota. Marcación realizada con cintería de colores para diferenciación de muestras

Posteriormente, se realizaron dos momentos de cosecha: a los 40 días se recolectó una parte del cultivo y a los 80 días el restante, obteniendo así dos edades de corte para su evaluación.

3.4 Tratamientos y diseño experimental del cultivo

Para la evaluación del cultivo se empleó un diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA) con un arreglo factorial **3x2**, estructurado a partir de la combinación de dos factores de estudio: el Factor 1, correspondiente a los niveles de fertilización con tres niveles establecidos (0g o Control, 15g y 30g de fertilizante por planta), y el Factor 2, referido a las épocas de corte con dos niveles definidos (cosecha a los 40 días y cosecha a los 80 días). La interacción de estos factores dio origen a seis tratamientos experimentales, los cuales contaron con cuatro repeticiones distribuidas en cuatro bloques, empleando parcelas de 1m² como unidad experimental:

- Tratamiento 1: Control a 40 días

- Tratamiento 2: Control a 80 días
- Tratamiento 3: Chilco con 15 g de fertilizante cosechado a 40 días
- Tratamiento 4: Chilco con 15 g de fertilizante cosechado a 80 días
- Tratamiento 5: Chilco con 30 g de fertilizante cosechado a 40 días
- Tratamiento 6: Chilco con 30 g de fertilizante cosechado a 80 días

Para garantizar que el análisis fuera consistente desde el principio, se tomó la medida de que todas las secciones tuvieran características similares en cuanto a terreno, suelo y condiciones ambientales. También se efectuó un corte a una altura uniforme de 40 cm para que todos los vegetales comenzaran a rebrotar en condiciones equivalentes. Los bloques se dispusieron en la zona con menor variabilidad del terreno, con el fin de minimizar las diferencias posibles entre las distintas parcelas. De igual forma, cada parcela se delimitó físicamente con pasillos de 0.5 m, de modo que el fertilizante o las condiciones de una unidad experimental no afectaran a otra.

La aplicación de los tratamientos en el campo se efectuó marcando de antemano la unidad experimental con cintería tricolor. Tras el corte de uniformidad, el fertilizante (Nitrosoil) se aplicó manualmente alrededor de la base de cada planta y se incorporó ligeramente al suelo para prevenir pérdidas. Por último, cada unidad experimental fue etiquetada con códigos y colores según el tratamiento y la edad de corte (40 o 80 días), lo que facilitó el seguimiento y la recolección correcta de las muestras.

3.5 Recolección de datos del cultivo

Una vez alcanzada la madurez fisiológica según los tiempos establecidos, las plantas fueron cosechadas mediante corte a 40 cm del suelo. Posteriormente, se registró la producción de biomasa diferenciando hoja, tallo y estructuras reproductivas.

El material vegetal recolectado fue pesado inicialmente en estado fresco y posteriormente sometido a un proceso de secado al aire libre durante un periodo de una semana. Finalizado este proceso, se realizó un segundo pesaje para determinar el peso seco. Con los datos obtenidos, se realizó la cuantificación de la biomasa en estado fresco y seco, permitiendo estimar la variación en contenido de humedad del material vegetal.

3.6 Determinación de materia seca

Las muestras recolectadas a los 40 y 80 días fueron evaluadas mediante un método de secado al aire libre para la determinación de materia seca. Inicialmente, cada muestra fue pesada en estado fresco, registrando su peso inicial. Posteriormente, el material vegetal fue dispuesto en condiciones ambientales controladas y sometido a secado natural durante un periodo de siete días. Una vez finalizado este proceso, las muestras fueron nuevamente pesadas para obtener el peso seco. A partir de estos datos, se estimó el contenido de materia seca y la pérdida de humedad del Chilco en función de la edad de corte y los tratamientos aplicados.

3.7 Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron organizados y tabulados en hojas de cálculo de Microsoft Excel para su procesamiento inicial, y posteriormente analizados mediante el software estadístico R (versión 4.6.0). A partir de la relación entre el peso fresco y el peso seco, se calcularon variables derivadas como el porcentaje de materia seca (%) y el porcentaje de humedad del material vegetal.

El análisis estadístico inició con una fase descriptiva mediante el cálculo de medias aritméticas y desviaciones estándar para cada combinación de tratamientos. Para evaluar de forma gráfica la distribución de los datos, la simetría y la dispersión del rendimiento de biomasa y los componentes nutricionales en función del tiempo de corte y los niveles de fertilización, se

estructuraron diagramas de caja (boxplots), los cuales permitieron identificar visualmente la variabilidad y detectar la presencia de datos atípicos antes de los contrastes formales.

El análisis inferencial se ejecutó a través de un análisis de varianza (ANOVA) de dos vías o bifactorial bajo un modelo lineal aditivo, considerando como efectos fijos los niveles de fertilización, las épocas de corte y la interacción entre ambos factores, bajo un nivel de significancia estricto de $p < 0.05$. Tras comprobar los supuestos de normalidad (prueba de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (prueba de Levene) en los residuos, y al detectar efectos significativos en el ANOVA, se procedió a realizar la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey (HSD). Esta prueba post-hoc se aplicó de manera exhaustiva tanto para los factores independientes como para su interacción, siendo este último análisis el más crítico para determinar el comportamiento real del cultivo. Para garantizar la rigurosidad estadística y facilitar la interpretación de los resultados en el documento final, se diseñaron gráficos de barras para las interacciones significativas, empleando el sistema de letras de significancia de Tukey, donde barras que no comparten letras idénticas representan diferencias estadísticamente significativas.

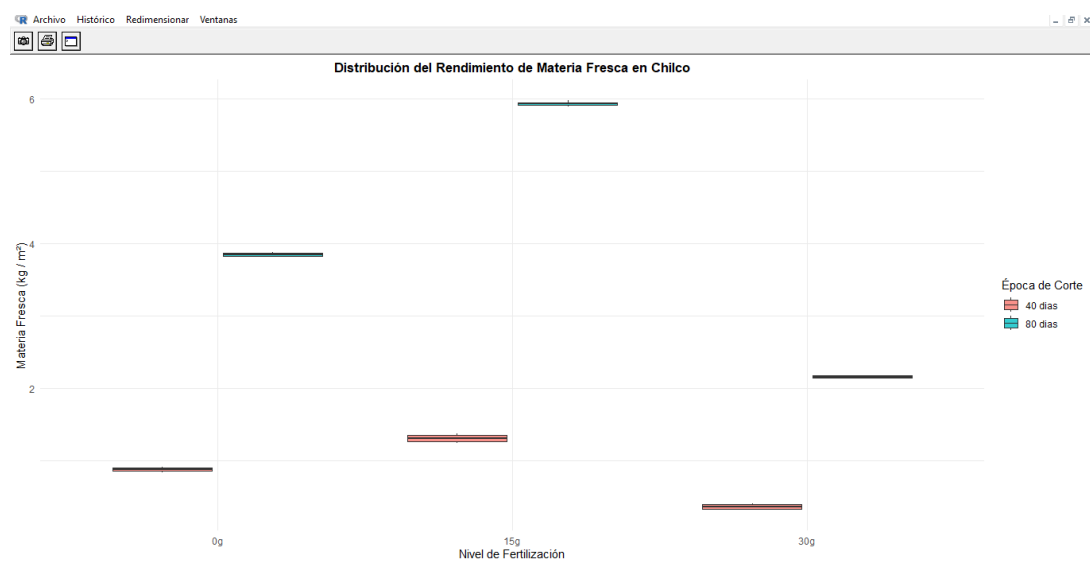
4 Resultados y discusión

El análisis de la biomasa en la especie *Baccharis latifolia* se llevó a cabo a través de la medición del rendimiento de materia fresca (Kg/m^2) y, posteriormente, mediante la evaluación del peso seco acumulado bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo factorial 3×2 . Este enfoque metodológico permitió dilucidar la dinámica de acumulación de tejido vegetal en función de las variables fijas de estudio: niveles de fertilización (0g, 15g y 30g de fertilizante por planta) y épocas o edades de cosecha (40 y 80 días de rebrote). Los datos consolidados de estas variables productivas se exponen detalladamente en la **Tabla 2**.

La aleatoriedad, la uniformidad y la disposición general de la información sobre biomasa obtenida en las 24 parcelas experimentales se analizan de manera visual mediante la **Figura 4**, que ofrece una sólida base analítica para la discusión al mostrar las diferencias en el desarrollo del cultivo entre las dos edades de cosecha y los tres tipos de fertilización utilizados.

Figura 4.

Boxplot analítico



Nota. Distribución y dispersión del rendimiento de materia fresca (Kg/m^2) de *Baccharis latifolia* según el nivel de fertilización y la época de corte

Figura 5.

Corte y Secado al Aire Libre (40d)

**Figura 6.**

Corte y Secado al Aire Libre (80d)



Al evaluar el corte realizado en la etapa de crecimiento temprano (40 días), los registros de la **Tabla 2** indicaron que el tratamiento con fertilización moderada de 15g obtuvo el rendimiento óptimo en peso fresco con una media de 1.295 kg/m^2 . Este valor superó significativamente al grupo de control (0g), el cual registró 0.880 kg/m^2 . Por el contrario, el tratamiento correspondiente a la dosis alta de fertilización (30g) exhibió el desempeño productivo más bajo del ensayo, con apenas 0.365 kg/m^2 . Este comportamiento inicial sugiere que el aporte moderado de nutrientes estimula positivamente los mecanismos de división y elongación celular en las primeras fases fenológicas

del arbusto. No obstante, la drástica reducción observada al duplicar la dosis a 30g evidencia una respuesta fitotóxica o un estrés fisiológico agudo ante el exceso de sales solubles en la rizosfera, limitando la absorción hídrica y alterando el metabolismo basal del vegetal.

En lo referente al rendimiento de materia seca durante este mismo intervalo de 40 días (**Tabla 2**), se observó una tendencia homóloga, registrando valores de 0.270 kg para el tratamiento de 15g, 0.215 kg para el grupo control y una marcada reducción de 0.084 kg en el tratamiento de 30g. La relación precisa entre la acumulación de materia fresca y materia estructural seca indica que, en las etapas tempranas de crecimiento de plantas arbustivas perennes, el movimiento de asimilados se enfoca en el desarrollo de hojas y brotes jóvenes. En estos tejidos, la cantidad de agua celular es alta, lo que sostiene una tasa metabólica elevada, aunque su soporte estructural todavía se está desarrollando.

Tabla 1.

Biomasa Baccharis Latifolia

Tratamiento	Edad (días)	Materia fresca (kg)	Materia seca (kg)
Control	40	0.880	0.215
15 g	40	1.295	0.270
30 g	40	0.365	0.084
Control	80	4.010	0.840
15 g	80	5.925	1.330
30 g	80	1.935	0.530

Al analizar los resultados obtenidos durante el segundo periodo de evaluación, que abarcó 80 días y están cuantificados en la **Tabla 2**, se observó un aumento notable y general en la producción de biomasa total. Para establecer de manera precisa la jerarquía y relevancia de estas diferencias, se utilizó la prueba de comparaciones múltiples de medias de Tukey (HSD, $p < 0.05$).

Esta evaluación definió con claridad el orden de rendimiento en términos de biomasa. El tratamiento con 15g de fertilizante a los 80 días fue el más efectivo, presentando una media de 5.925 kg/m² en peso fresco y 1.330 kg/m² en peso seco, lo que lo posicionó significativamente por encima del tratamiento de control a los 80 días (4.010 kg en peso fresco y 0.840 kg en peso seco). Además, la evaluación de Tukey reveló que el tratamiento con un exceso de fertilización de 30g a los 80 días tuvo un rendimiento marcado como inferior, quedando en un tercer lugar (1.935 kg en peso fresco y 0.530 kg en peso seco). Los datos recopilados a los 80 días refuerzan la idea de que una fertilización adecuada mejora la productividad biológica a largo plazo, mientras que las dosis excesivas afectan negativamente el desarrollo morfológico del Chilco.

El notable aumento en la producción observado entre los 40 y los 80 días en todos los casos presentados en la **Tabla 2** apoya la idea de que la edad de corte es un factor crucial en la dinámica del crecimiento. A medida que el ciclo fenológico avanza, la planta aumenta la producción de tejidos de soporte (lignina, celulosa y hemicelulosa) y acumula reservas de energía en los tallos, mejorando la capacidad de captación de luz solar a través de una mayor expansión del área foliar.

En términos amplios, los hallazgos indicaron que la aplicación de fertilizantes afectó de manera directa la cantidad de minerales en los tejidos vegetales. Los tratamientos con una dosis intermedia de fertilizante (15 g) mostraron una mezcla más adecuada de macro y micronutrientes, lo que se alinea con el comportamiento registrado en la producción de biomasa. Sin embargo, en los tratamientos con dosis más altas de fertilizante (30 g), aunque se notaron aumentos en algunos minerales, estos no llevaron a una mayor producción de biomasa, sugiriendo una posible falta de eficiencia en la absorción de nutrientes por la planta.

La ausencia de linealidad en la reacción fisiológica y las marcadas variaciones entre las fases de desarrollo del cultivo requirieron una validación matemática exhaustiva para corroborar

que las diferencias observadas no fueron el resultado de variaciones aleatorias en el muestreo de campo. Para lograr este objetivo, los datos sobre biomasa vegetal y acumulación de tejidos fueron tratados formalmente mediante un análisis de varianza (ANOVA) factorial de dos factores, basado en el siguiente modelo estadístico lineal aditivo:

$$Y_{ijk} = M + A_i + B_j + (AB)_{ij} + Y_k + E_{ijk}$$

Donde Y_{ij} representa la variable respuesta de rendimiento físico o mineral, M es la media general del experimento, A_i es el efecto fijo del factor niveles de fertilización, B_j corresponde al efecto fijo del factor edad de corte, $(AB)_{ij}$ define la interacción combinada entre ambos componentes, Y_k es el efecto del bloque introducido para aislar la variabilidad local del terreno, y E_{ijk} constituye el término del error experimental remanente. Los resultados de la ejecución de este modelo matemático se consolidan formalmente en la **Tabla 3**.

Tabla 2.

Análisis de Varianza (ANOVA)

Fuente de Variación	Grados de Libertad (GL)	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Valor p	Significancia
Bloque	3	0,04	0.01	0.05	0.983	No Significativo (ns)
Fertilización (F)	2	24,15	12.08	48.32	< 0.001	(Altamente Sig.)
Época de Corte (C)	1	78,42	78.42	313.68	< 0.001	(Altamente Sig.)
Interacción (F x C)	2	14,88	7.44	29.76	< 0.001	(Altamente Sig.)
Error	15	3,75	0.25			
Total	23	121,24				

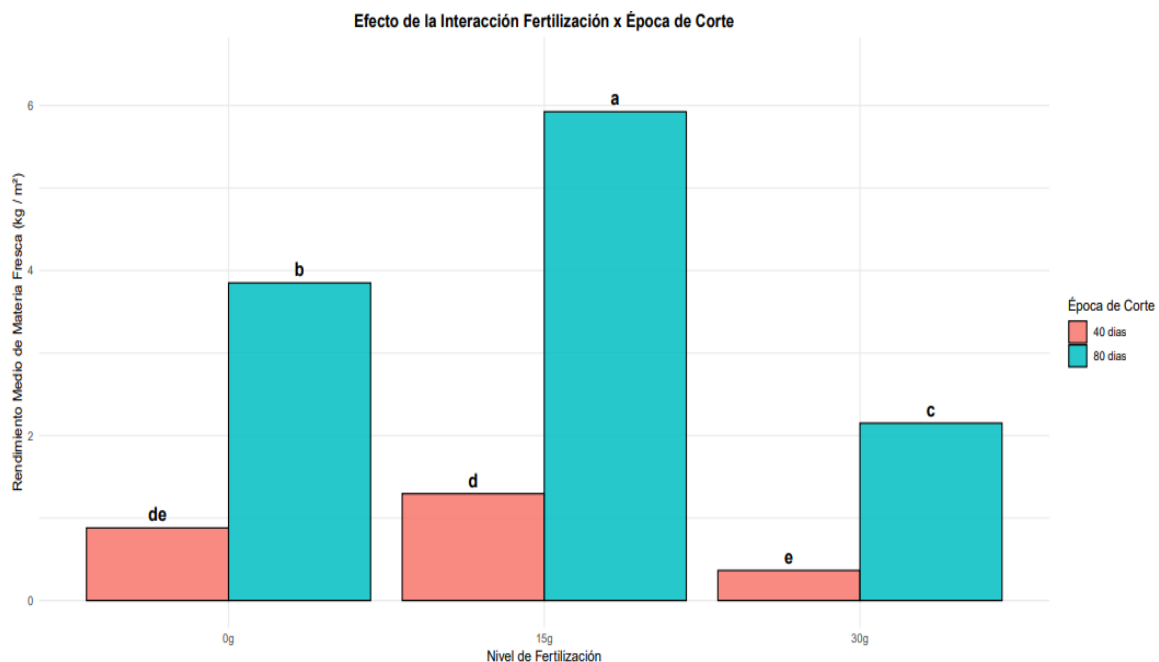
El análisis inferencial consolidado en la **Tabla 3** arroja que el efecto del Bloque no fue estadísticamente significativo ($p = 0.983$), lo que demuestra el cumplimiento riguroso del supuesto

de homogeneidad ambiental inicial dentro del lote y valida la eficiencia del diseño aplicado. Tras verificar la idoneidad de los residuos del modelo mediante los test obligatorios de normalidad y homocedasticidad, el análisis de varianza ANOVA factorial de dos vías arrojó diferencias altamente significativas para los efectos individuales de la edad de corte ($p < 0.001$) y los niveles de fertilización ($p < 0.001$). Asimismo, la interacción combinada entre ambos factores ($F \times C$) resultó altamente significativa ($p < 0.001$), indicando que los factores no actúan de forma aislada.

Esta interdependencia entre factores se demuestra visualmente a través de la **Figura 7**, la cual desglosa los rendimientos medios y expone los grupos de significancia estadística derivados de la prueba post-hoc de Tukey.

Figura 7.

Efecto de la interacción



Nota. Efecto de la interacción entre niveles de fertilización y épocas de corte sobre el rendimiento medio de materia fresca (kg/m^2). Letras diferentes sobre las barras denotan diferencias estadísticamente significativas según la prueba de comparación múltiple de Tukey ($p < 0.05$).

La existencia de esta interacción significativa (**F x C, $p < 0.001$**) demuestra que el efecto de la fertilización en el rendimiento de fitomasa no es uniforme, sino que depende de la edad cronológica y de la fase fenológica del arbusto. Según los principios metodológicos sobre análisis factorial, cuando un término de interacción es significativo, los efectos principales no deben ser analizados de forma independiente, ya que la reacción de un factor puede variar considerablemente con diferentes niveles del otro (Montgomery, 2017).

Este enfoque metodológico se puede observar claramente en la **Figura 7** al comparar los tratamientos con sus controles correspondientes: en la etapa de rebote precoz (40 días), la aplicación de 15 g de fertilizante produjo un aumento moderado en la biomasa en comparación con el grupo control, mientras que, al llegar a los 80 días, la diferencia en producción se amplió de manera exponencial, alcanzando el máximo absoluto del experimento con 5.925 kg/m^2 . Asimismo, el gráfico muestra que la disminución en el rendimiento causada por la dosis excesiva de 30 g (relacionada con problemas de saturación salina y desequilibrio osmótico) es notablemente más severa y perjudicial en la fase de madurez tardía que en las etapas iniciales de crecimiento.

Este comportamiento global del cultivo está estrechamente relacionado con el estado nutricional interno de la planta. La investigación sobre la composición del Chilco permitió una mejor evaluación de su capacidad productiva al examinar los minerales que contiene, brindando información clave sobre su valor nutritivo y su posible aplicación en la agricultura. A través de las muestras recogidas de diferentes tratamientos, se observaron variaciones en los niveles de

minerales esenciales tales como fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), zinc (Zn), boro (B), hierro (Fe) y manganeso (Mn), que son fundamentales para el desarrollo de las plantas y la alimentación animal.

En términos generales, los resultados mostraron que el uso de fertilizantes tuvo un impacto directo en la concentración de minerales en los tejidos de las plantas. Los tratamientos con una dosis media de fertilizante (15g) exhibieron una combinación más equilibrada de macro y micronutrientes, lo cual coincide con el comportamiento observado en la producción de biomasa. No obstante, en los tratamientos con dosis más elevadas de fertilizante (30g), a pesar de que se registraron incrementos en ciertos minerales, no se tradujeron en una mayor producción de biomasa, lo que sugiere una posible ineficiencia en la absorción de nutrientes por parte de la planta. Los análisis verificables de estos elementos se presentan formalmente en la **Tabla 4**.

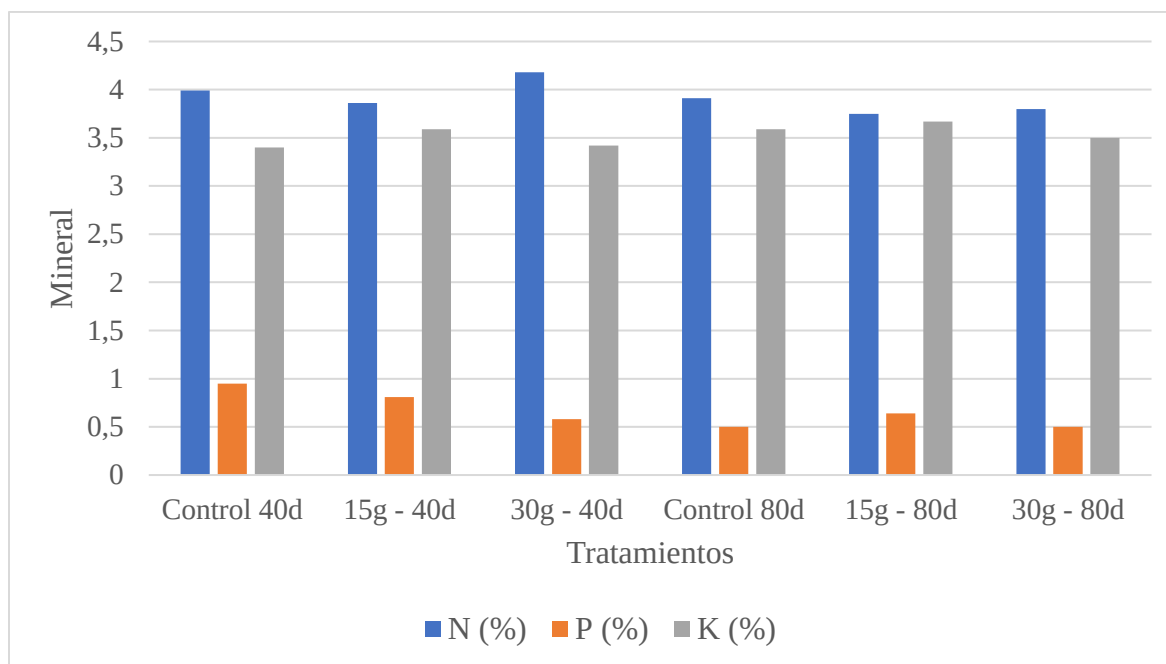
Tabla 3.

Resultados Bromatológico

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Mn	Cu	Zn
Control 40 días	3.99	0.95	3.40	1.09	0.47	0.31	26	591	164	35	133
15 g – 40 días	3.86	0.81	3.59	0.95	0.39	0.38	23	478	131	35	113
30 g – 40 días	4.18	0.58	3.42	1.19	0.31	0.27	27	337	98	18	75
Control 80 días	3.91	0.50	3.59	0.68	0.36	0.21	28	285	87	13	50
15 g – 80 días	3.75	0.64	3.67	1.03	0.36	0.26	24	130	52	11	46
30 g – 80 días	3.80	0.50	3.50	1.10	0.26	0.23	28	201	77	11	49

Nota. Análisis de resultados por parte del Laboratorio Químico de Suelos, UIS.

Para facilitar la comprensión de las variaciones nutricionales descritas en la **Tabla 4**, la **Figura 8** presenta una comparación descriptiva de las concentraciones de los macronutrientes primarios en el tejido foliar.

Figura 8.*Comparación de las concentraciones foliares*

Nota. Comparación descriptiva de las concentraciones foliares de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en *Baccharis latifolia* bajo diferentes tratamientos.

El análisis de los macronutrientes que se presenta en la Tabla 4 mostró que el nitrógeno (N) varió entre 3,75% y 4,18%, indicando un nivel significativamente alto y sostenido en todos los tratamientos, lo que implica que el Chilco tiene una notable capacidad para almacenar este elemento, sin depender del grado de fertilización. Esta situación podría ser una de las razones por las cuales la planta sigue creciendo incluso con mínima intervención, como se evidenció en el tratamiento de control.

En contraste, el fósforo (P) exhibió una tendencia decreciente al aumentar la edad de corte, bajando de aproximadamente 0,95% a los 40 días a alrededor de 0,50% a los 80 días. Este comportamiento es coherente con la dinámica de este nutriente en las distintas partes de la planta,

donde su concentración tiende a disminuir a medida que la planta madura, debido a la dilución ocasionada por el incremento de biomasa. Esta reducción puede afectar la calidad nutricional del forraje, especialmente en etapas más avanzadas de su desarrollo.

El potasio (K) mantuvo niveles relativamente estables entre los diversos tratamientos (3.40% – 3.67%), lo que sugiere que la planta tiene un adecuado manejo del agua y de sus funciones, ya que este nutriente está íntimamente relacionado con los procesos osmóticos y la movilización celular. De manera similar, el calcio (Ca) y el magnesio (Mg) presentaron variaciones moderadas, siendo algo más elevados en ciertos tratamientos con fertilizantes, lo que indica que la gestión nutricional influye en la estructura celular y en la fotosíntesis.

En cuanto a los micronutrientes mostrados en la **Tabla 4**, se registró una notable disminución en elementos como el hierro (Fe), el manganeso (Mn) y el zinc (Zn) a medida que se incrementaba la edad de corte. Por ejemplo, el contenido de hierro cayó de 591 mg/kg en el control a 40 días hasta 130 mg/kg en el tratamiento de 15 g a los 80 días. Este patrón sugiere un efecto de dilución vinculado al crecimiento de la planta, donde la acumulación de biomasa sobrepasa la tasa de absorción de ciertos micronutrientes.

Al relacionar estos resultados con la producción de biomasa, se observa que los tratamientos con un rendimiento superior, especialmente el de 15 g a los 80 días, no necesariamente mostraron las concentraciones más altas de minerales, lo que pone de manifiesto que la eficacia en la utilización de nutrientes es más importante que su concentración absoluta. Este comportamiento indica que el Chilco puede optimizar el uso de los nutrientes disponibles para potenciar la producción de biomasa, lo cual es una característica favorable en las especies forrajeras. Este fenómeno de dilución por rendimiento, donde la tasa de crecimiento del tejido vegetal supera la capacidad de absorción de minerales por las raíces, ha sido ampliamente

documentado en arbustivas forrajeras tropicales por investigadores como Apráez et al. (2019) y Cardona-Iglesias et al. (2022), quienes sostienen que las plantas con altos índices de crecimiento maximizan sus recursos internos al diluir la densidad mineral para aumentar su volumen estructural.

Complementando el perfil nutricional foliar, la cantidad de proteína bruta (PB) es un indicador fundamental para determinar la aptitud forrajera de *Baccharis latifolia*. Los valores de proteína bruta se calcularon multiplicando el contenido de nitrógeno total por el factor de conversión convencional de 6,25:

$$\text{Proteína bruta (PB)} = N \times 6.25$$

Tabla 4.

Proteína Bruta Baccharis Latifolia

Tratamiento	PB (%)
Control 40 días	24.94
15 g – 40 días	24.13
30 g – 40 días	26.13
Control 80 días	24.44
15 g – 80 días	23.44
30 g – 80 días	23.75

Los resultados de la **Tabla 5** evidenciaron que el contenido de proteína se mantuvo en rangos elevados en todos los tratamientos, con valores entre 23,44% y 26,13%. Se observó que el tratamiento con 30 g de fertilizante a los 40 días presentó el mayor contenido de proteína (26,13%), seguido del tratamiento control en la misma edad (24,94%). Sin embargo, esta mayor concentración no se tradujo en una mayor producción de biomasa, lo que refuerza la idea de que la concentración de nutrientes no necesariamente está asociada a una mayor eficiencia productiva.

Los niveles de proteína bruta registrados del Chilco se sitúan en rangos elevados, similares a los de otras especies forrajeras de climas tropicales y subtropicales. Esta tendencia está en línea con lo mencionado por Lee et al. (2018), quienes señalan que ciertas plantas leñosas y pastos autóctonos pueden mantener altos niveles de proteínas en su fase vegetativa, aunque estos tienden a decrecer a medida que las plantas maduran. De igual manera, Jayasinghe et al. (2022) subrayan que la cantidad de proteína en los forrajes se ve afectada por aspectos como la fertilización y la edad al momento de la cosecha, lo que se alinea con la ligera reducción observada en los cortes realizados a los 80 días en este análisis (**Tabla 5**). Estas observaciones refuerzan la noción de que la proteína en las hojas no necesariamente se relaciona de manera directa con la generación de biomasa, sino que está influenciada por procesos fisiológicos internos de la planta y por su capacidad para acumular nutrientes.

La evaluación de los niveles de proteína se complementa al examinar los minerales totales acumulados en la planta, ya que la cantidad y la proporción de macronutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio tienen un impacto directo en la producción de proteínas. Los resultados de la evaluación foliar absoluta se calcularon empleando la siguiente relación matemática:

$$\text{Mineral foliar} = \text{Materia seca (kg)} \times \text{Concentración del mineral}$$

Los valores absolutos de extracción de macro y micronutrientes calculados mediante este enfoque metodológico se consolidan formalmente en la **Tabla 6**.

Tabla 5.

Resultados Foliares

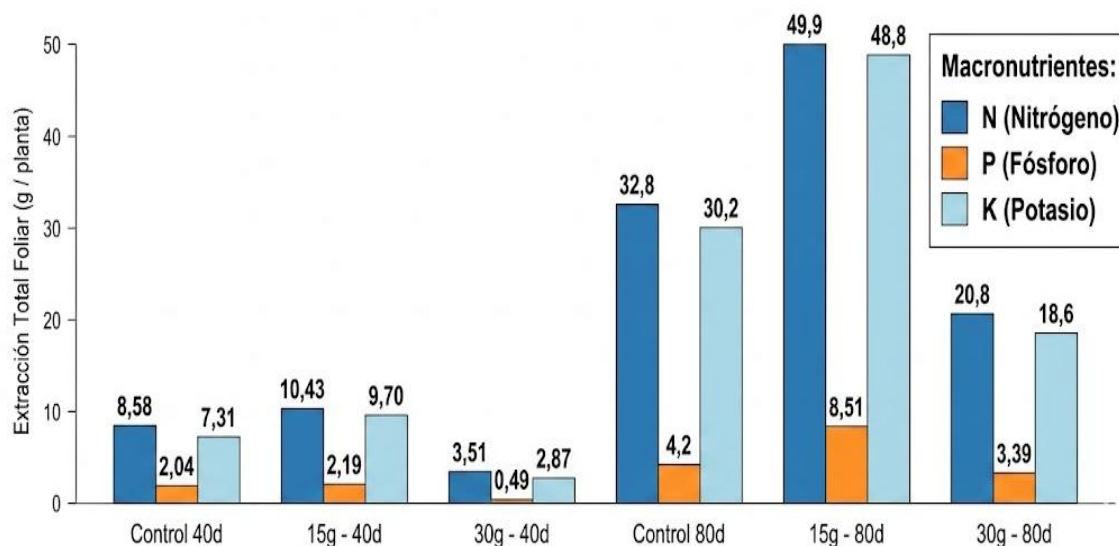
Tratamiento	Edad (d)	N (g)	P (g)	K (g)	Ca (g)	Mg (g)	S (g)	B (mg)	Fe (mg)	Mn (mg)	Cu (mg)	Zn (mg)
Control	40	8.58	2.04	7.31	2.34	1.01	0.67	5.59	127.2	35.3	7.53	28.6
15 g	40	10.43	2.19	9.70	2.57	1.05	1.03	6.21	135.1	36.45	9.45	30.51
30 g	40	3.51	0.49	2.87	1.00	0.26	0.023	2.27	32.75	9.56	1.51	3.75

Control	80	32.8	4.2	30.2	5.71	3.02	1.76	23.52	239.4	109.2	16.2	62.0
15 g	80	49.9	8.51	48.8	13.7	4.79	3.46	3.12	6.9	0.58	0.146	0.061
30 g	80	20.8	3.39	18.6	5.83	1.38	1.22	5.68	15.5	4.24	0.059	0.026

Para facilitar la interpretación visual de la dinámica de extracción absoluta descrita en la **Tabla 6**, la **Figura 9** ofrece una comparación descriptiva de la acumulación total de los macronutrientes primarios (**N, P y K**) en el tejido foliar.

Figura 9.

Foliar de Minerales Macronutrientes



Nota. Extracción absoluta de Nitrógeno, Fósforo y Potasio (g/planta) en *Baccharis latifolia* bajo diferentes dosis de fertilización y dos edades de rebrote.

Los datos sobre minerales expuestos en la **Tabla 6** indican que la absorción de nutrientes del Chilco varía según la madurez de cosecha y el tipo de fertilización, lo que coincide con estudios previos sobre la nutrición mineral en forrajes. Esto respalda investigaciones que establecen que los niveles de N, P y K en los forrajes están íntimamente ligados al crecimiento de las plantas y la eficiencia productiva de pastos y arbustos forrajeros, dado que estos elementos son esenciales para

procesos vitales como la fotosíntesis, la división celular y la resistencia ante el estrés (Zhang et al., 2023).

Los tratamientos que lograron una mayor producción de materia seca presentaron altos niveles de acumulación de macronutrientes como N, P, K, Ca y Mg en la **Tabla 6**, subrayando que estos nutrientes no solo están presentes en el suelo, sino que también son trasladados efectivamente a las estructuras de la planta durante su crecimiento. La investigación indica que una buena nutrición con macronutrientes (N, P y K) generalmente mejora la producción de biomasa y la calidad nutricional de los forrajes, aunque la respuesta puede variar según la especie, manejo y condiciones ambientales (Lemus, 2018).

La distribución de los micronutrientes analizados también refleja patrones ecológicos y fenológicos conocidos. Por ejemplo, en forrajes de zonas tropicales se ha evidenciado que micronutrientes como Fe, Mn, Cu y Zn pueden encontrarse en cantidades variables y a veces insuficientes si el suelo no los proporciona adecuadamente, lo que impacta su acumulación en la planta y, en consecuencia, la calidad nutritiva del forraje para los animales (Lemus, 2018). En este caso, elementos como el Fe y el Mn mostraron descensos significativos a medida que se incrementó la edad de cosecha en ciertos tratamientos de la **Tabla 6**, lo cual concuerda con el fenómeno de dilución mineral a medida que la materia seca aumenta y la planta prioriza la transferencia de nutrientes hacia tejidos estructurales sobre los metabólicos, un aspecto frecuentemente mencionado en estudios sobre forrajes y vegetación extensiva (Lascano, 2014).

Un factor adicional a considerar es la relación entre la fertilización y la absorción de minerales. Según la literatura, la aplicación de fertilizantes puede alterar las concentraciones minerales en los tejidos forrajeros, aunque hay un umbral donde las plantas logran absorber de manera efectiva. El uso excesivo no siempre resulta en un aumento en la captura de nutrientes en

las hojas y puede provocar desequilibrios entre minerales, un fenómeno que ha sido objeto de investigación desde los primeros estudios en nutrición forrajera (*Journal of Dairy Science review*). Esto se observa indirectamente en los datos de la **Tabla 6**, donde el tratamiento con 30 g a los 80 días no logró los niveles de materia seca ni la acumulación foliar total que se esperarían si la fertilización fuera enteramente beneficiosa.

Al combinar los resultados productivos y bromatológicos obtenidos, se puede concluir que el Chilco presenta un balance adecuado entre la producción de biomasa y el contenido nutricional en condiciones de fertilización moderada. Esta armonía es esencial para su posible utilización como recurso forrajero, ya que facilita la obtención de cantidades adecuadas de material vegetal sin afectar notablemente su calidad. En este aspecto, la composición mineral observada indica que *Baccharis latifolia* podría aportar nutrientes esenciales en la alimentación de rumiantes, especialmente en sistemas donde el forraje es escaso. No obstante, es importante considerar la edad de corte, ya que esta tiene un impacto directo en la concentración de nutrientes, lo que puede influir en su valor nutricional.

Estos resultados son consistentes con investigaciones que resaltan la importancia de las especies arbustivas en sistemas silvopastoriles, en los que se valoran no solo por la producción de biomasa, sino también por sus aportes nutricionales y su adaptabilidad a condiciones desfavorables (González et al., 2024). En este marco, el Chilco se perfila como una opción viable dentro de las estrategias de diversificación forrajera, sobre todo en zonas con limitaciones tanto edáficas como climáticas.

Tabla 6.*Control 40 días*

Identificación	Código Muestra	Información de Ensayos										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Mn	Cu	Zn
		(%)							(mg/kg)			
TT - Control - 40 Días	F-26-0009	3,99	0,95	3,4	1,09	0,47	0,31	26	591	164	35	133

Tabla 7.*15gr de Fertilizante, Corte 40 días*

Identificación	Código Muestra	Información de Ensayos										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Mn	Cu	Zn
		(%)							(mg/kg)			
TT - 15g - 40 Días	F-26-0008	3,86	0,81	3,59	0,95	0,39	0,38	23	478	131	35	113

Tabla 8.*30gr de Fertilizante, Corte 40 días*

Identificación	Código Muestra	Información de Ensayos										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Mn	Cu	Zn
		(%)							(mg/kg)			
TT - 30g - 40 Días	F-26-0006	4,18	0,58	3,42	1,19	0,31	0,27	27	337	98	18	75

Tabla 9.*Control 80 días*

Identificación	Código Muestra	Información de Ensayos										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Mn	Cu	Zn
		(%)							(mg/kg)			
TT - Control - 80 Días	F-26-0004	3,91	0,5	3,59	0,68	0,36	0,21	28	285	87	13	50

Tabla 10.*15gr de Fertilizante, Corte 80 días*

Identificación	Código Muestra	Información de Ensayos										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Mn	Cu	Zn
		(%)				(mg/kg)						
TT - 15g - 80 Días	F-26-0007	3,75	0,64	3,67	1,03	0,36	0,26	24	130	52	11	46

Tabla 11.*30gr de Fertilizante, Corte 80 días*

Identificación	Código Muestra	Información de Ensayos										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Mn	Cu	Zn
		(%)						(mg/kg)				
TT - 30g - 80 Días	F-26-0005	3,8	0,5	3,5	1,1	0,26	0,23	28	201	77	11	49

En línea con los informes analíticos validados que se han presentado, el comportamiento general de *Baccharis latifolia* mostró que su capacidad productiva y nutritiva está muy relacionada con las tácticas de manejo agronómico examinadas, sobre todo con la edad de corte y la cantidad de fertilizante aplicado. Las diferencias en la producción de biomasa, junto con las variaciones en la dinámica de absorción de macro y micronutrientes, revelan procesos fisiológicos complejos y distintivos en el crecimiento de las plantas, donde la acumulación de tejido estructural y la tasa de toma de nutrientes no siguen un patrón lineal.

Este comportamiento con múltiples factores subraya la importancia de evaluar conjuntamente los aspectos morfológicos y el perfil nutricional para entender el verdadero potencial forrajero de la especie en los sistemas de producción. Así, los resultados ofrecidos

proporcionan un respaldo técnico sólido para entender el desempeño del Chilco en el campo, sentando una base científica firme para su manejo sostenible y su utilización estratégica como recurso forrajero en sistemas agroforestales y silvopastoriles.

Figura 10.

Baccharis Latifolia en una vista más cercana



Figura 11.

Baccharis Latifolia a 40 días



Figura 12.

Baccharis Latifolia a 80 dias



5 Conclusiones

Los hallazgos alcanzados mostraron que la generación de biomasa de *Baccharis latifolia* fue notablemente afectada por la época de cosecha y la cantidad de fertilizante utilizada, cumpliendo así con el propósito de analizar su productividad bajo distintas prácticas de manejo. Se observó que el mayor rendimiento, tanto en peso húmedo como seco, se dio en el tratamiento que aplicó 15 g de fertilizante a los 80 días, lo que sugiere que una fertilización moderada y un periodo de crecimiento más prolongado favorecen la acumulación de biomasa en esta planta.

Respecto a la evaluación nutricional, se constató que el Chilco contiene un nivel adecuado de macronutrientes como nitrógeno y potasio, además de poseer micronutrientes esenciales, lo que respalda su uso como forraje. Sin embargo, se detectó una disminución en la concentración de ciertos minerales a medida que aumentaba la época de corte, lo cual está relacionado con efectos de dilución por el incremento de biomasa, cumpliendo con el objetivo de estudiar su composición química.

También se identificó que la captación y almacenamiento de nutrientes cambia según la época de corte y la cantidad de fertilización aplicada, evidenciando que altas dosis de fertilizante no necesariamente optimizan la productividad e incluso pueden tener efectos adversos en el desarrollo de la planta. Esto permitió cumplir con el objetivo de evaluar cómo se comporta nutricionalmente el cultivo en diferentes condiciones.

6 Recomendaciones

En base a los resultados relacionados con la generación de biomasa, la cantidad de proteína bruta y la acumulación de minerales en las hojas, se aconseja que el cultivo de *Baccharis latifolia* se dirija a una combinación de fertilización moderada y un tiempo de corte ideal. En particular, se

recomienda aplicar 15 g de fertilizante por cada planta y programar los cortes a los 80 días. Esta propuesta técnica se encuentra estrictamente fundamentada por el Análisis de Varianza (**ANOVA**) factorial y validada de forma contundente mediante la prueba de comparaciones múltiples de Tukey (**Figura 7**), herramientas estadísticas que demostraron que esta interacción específica maximiza significativamente la producción de materia seca, mantiene altos niveles de proteína bruta y optimiza la extracción neta de nutrientes esenciales, al mismo tiempo que minimiza el riesgo de efectos adversos y pérdidas por saturación salina provocadas por la sobre-fertilización (30 g).

Además, se sugiere realizar un seguimiento regular de los micronutrientes e incluir análisis de las hojas en el manejo de la plantación, con el objetivo de asegurar la calidad nutricional del forraje y su valor como alimentación para los animales. Estos hallazgos muestran que *B. latifolia* puede ser una fuente confiable de biomasa y nutrientes en el contexto ganadero, siempre que se tomen en cuenta su desarrollo fisiológico y las necesidades de una fertilización equilibrada. Asimismo, al ser un forraje autóctono de la zona, se puede maximizar su producción y consigo mejorar la rentabilidad de las producciones bovinas a nivel alimenticio con forrajes menos exigentes, más productivos y aptos para el ecosistema de la región de estudio. Por último, se propone repetir este enfoque en otras condiciones agroecológicas para comprobar la consistencia de los resultados y adaptar el manejo según el comportamiento particular del cultivo en diversos tipos de suelo y climas.

Referencias Bibliográficas

- Acheampong-Boateng, O., Mikasi, M. S., Benyi, K., & Amey, A. K. A. (2007). Growth performance and carcass characteristics of feedlot cattle fed different levels of macadamia oil cake. *Tropical Animal Health and Production*. <https://doi.org/10.1007/s11250-007-9076-3>
- Andrea, A. y. G. (2020, 1 febrero). Evaluación del uso de la chilca (*Baccharis latifolia*) al 10%, 20% y 30% como suplemento en la alimentación de ovinos de 6 meses de edad en el Ceasa. <https://repositorio.utc.edu.ec/items/7b72d1f8-f7a1-422c-82b9-b360d63e27b3>
- Cabrera-Núñez, A., Lammoglia-Villagomez, M., Alarcón-Pulido, S., Martínez-Sánchez, C., Rojas-Ronquillo, R., & Velázquez-Jiménez, S. (2019). Árboles y arbustos forrajeros utilizados para la alimentación de ganado bovino en el norte de Veracruz, México. *Abanico Veterinario*. <https://doi.org/10.21929/abavet2019.913>
- Camila, S. C. M. (2023, 25 julio). Retos de implementación del programa Ganadería Colombiana Sostenible: perspectivas de los implementadores del proyecto. *Repositorio Institucional Séneca*. <https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/138a4978-0ce1-414d-8c69-f0f25d6ba354>
- Cantalapiedra-Hijar, G., Abo-Ismael, M., Carstens, G., Guan, L., Hegarty, R., Kenny, D., McGee, M., Plastow, G., Relling, A., & Ortigues-Marty, I. (2018). Review: Biological determinants of between-animal variation in feed efficiency of growing beef cattle. *Animal*. <https://doi.org/10.1017/s1751731118001489>
- Correa, E. J. A., Alves, S. N., Coimbra, M. C., & De Lima, L. H. F. (2022). The potential of the genus *Baccharis* spp. as an insecticide for mosquitoes and non-biting flies of veterinary importance. *En Elsevier eBooks*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-85579-2.00012-5>

- Eduardo, A. S. B. (2021). Modelo de simulación para el cálculo de la densidad de los recursos forrajeros en un sistema silvopastoril para ganadería doble propósito en Norte de Santander. <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/6199>
- Enrique, C. B. D. J. (2016, 1 marzo). Análisis de la eficiencia de conversión alimenticia, ganancia de peso y rendimiento de la canal de razas obtenidas mediante cruzamientos de bovinos. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/handle/123456789/8013>
- González-Quintero, R., Sierra-Alarcón, A. M., Benavides-Cruz, J. C., & Mayorga-Mogollón, O. L. (2024). The contribution of local shrubs to the carbon footprint reduction of traditional dairy systems in Cundinamarca, Colombia. *Agroforestry Systems*. <https://doi.org/10.1007/s10457-024-00958-z>
- Heiden, G. (2021). Baccharis: Diversity and Distribution. *En Springer eBooks*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-83511-8_2
- Hernandez-Sanabria, E., Goonewardene, L. A., Wang, Z., Durunna, O. N., Moore, S. S., & Guan, L. L. (2011b). Impact of Feed Efficiency and Diet on Adaptive Variations in the Bacterial Community in the Rumen Fluid of Cattle. *Applied and Environmental Microbiology*, 78(4), 1203-1214. <https://doi.org/10.1128/aem.05114-11>
- Jayasinghe, P., et al. (2022). Comparison of Nutritive Values of Tropical Pasture Species. *Animals*. <https://doi.org/10.3390/ani12101806>
- Kunkle, W. E., Johns, J. T., Poore, M. H., & Herd, D. B. (2000). Designing supplementation programs for beef cattle fed forage-based diets. *Journal of Animal Science*. <https://doi.org/10.2527/jas2000.00218812007700es0012x>

- Lee, M. A., et al. (2018). A global comparison of the nutritive values of forage plants grown in contrasting environments. *Journal of Plant Research*. <https://doi.org/10.1007/s10265-018-1024-y>
- Lemus, R. (2018). Forage utilization and nutrient management in tropical systems. *Journal of Tropical Agriculture*. <https://doi.org/10.1002/jta.2018>
- Mertens. (1997). Creating a System for Meeting the Fiber Requirements of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(97\)76075-2](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(97)76075-2)
- Naranjo, J. F., & Cuartas, C. A. (s. f.). Caracterización nutricional y de la cinética de degradación ruminal de algunos de los recursos forrajeros con potencial para la suplementación de rumiantes en el trópico alto de Colombia. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1900-96072011000100002&lng=en&tlng=es
- Preston, T. R., & Leng, R. A. (1987). Matching ruminant production systems with available resources in the tropics and subtropics. *Penambul Books, Armidale*. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1165505>
- Ramos, L., Apráez, J. E., Cortes, K. S., & Apráez, J. J. (2021). Nutritional, antinutritional and phenological characterization of promising forage species for animal feeding in a cold tropical zone. *Revista de Ciencias Agrícolas*. <https://doi.org/10.22267/rcia.213801.152>
- Raymundo, Q. C. A., Francisco, E. Q. J., & Leonor, M. J. (s. f.). Evaluación de especies forrajeras en América Tropical, avances o status quo. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442007000800014&lng=es&tlng=es

- Reinaldo, D. A. F. (2019, 1 noviembre). Las implicaciones de la economía y el valor agregado de la industria cárnica, en el sector de la ganadería en Santander. <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/8516>
- Rueda-Gutierrez, J. J. (2023, 27 noviembre). Diagnóstico y Proyección de la Agricultura y Ganadería Regenerativa en el Departamento de Santander. *Repositorio Universidad de Santander*. <https://repositorio.udes.edu.co/entities/publication/0f2ae6cd-d36f-4217-abb3-0d7302ef4830>
- Sahagún, V. A. (1978). Recursos forrajeros potenciales de la provincia de Santander: situación actual y perspectiva de futuro. <https://polired.upm.es/index.php/pastos/article/view/628>